

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

| | | |
|--|----|--|
| (51) Internationale Patentklassifikation 7 : H04B 10/00 | A2 | (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/21224 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 13. April 2000 (13.04.00) |
| (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/07340 | | (81) Bestimmungsstaaten: US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). |
| (22) Internationales Anmeldedatum: 4. Oktober 1999 (04.10.99) | | |
| (30) Prioritätsdaten: 198 45 701.4 5. Oktober 1998 (05.10.98) DE | | Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i> |
| (71)(72) Anmelder und Erfinder: PALME, Dieter [DE/DE]; Abensbergstrasse 47, D-80993 München (DE). BANDEMER, Adalbert [DE/DE]; Skabiosenstrasse 9, D-80995 München (DE). | | |
| (74) Anwalt: BESZEDES, Stephan, G.; Postfach 1168, D-85201 Dachau (DE). | | |

(54) Title: **ARRAY AND METHOD FOR MONITORING THE PERFORMANCE OF DWDM MULTIWAVELENGTH SYSTEMS**

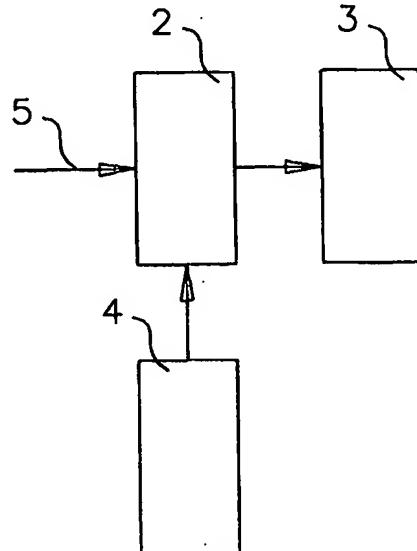
(54) Bezeichnung: **ANORDNUNG UND VERFAHREN ZUR ÜBERWACHUNG DER PERFORMANCE VON DWDM MEHRWELLENLÄNGENSYSTEMEN**

(57) Abstract

The invention relates to an array and method for monitoring all characteristic parameters of a DWDM transmission system. According to the invention, this is achieved through two different variants. In the first variant, this is realized by means of a special grating spectrometer (1) exhibiting high resolution and fast scanning of measuring values. In the second variant, an optoelectronic cross correlator (2) is used as a purely electronic solution. The grating spectrometer (1) is advantageously a special array in a mixed installation according to Ebert and Pastie in which the grid is traversed four times by the light to be measured. The optoelectronic cross correlator (2) can mix the measuring light with a reference light whose frequency can be tuned to an electric low frequency signal which is evaluated at a high impedance.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung und ein Verfahren zur Überwachung aller charakteristischen Parameter eines DWDM-Übertragungssystems. Erfindungsgemäß wird dies durch zwei Varianten realisiert. Zum einen wird dies durch ein spezielles Gitter-Spektrometer (1) mit hoher Auflösung und schneller Abtastung der Meßwerte erreicht, zum anderen durch den Einsatz eines optoelektronischen Kreuzkorrelators (2) als eine rein elektronische Lösung. Das Gitter-Spektrometer (1) ist zweckmäßig eine spezielle Anordnung in einer gemischten Aufstellung nach Ebert und Pastie, in dem das Gitter vierfach vom zu vermessenden Licht in der Weise durchlaufen wird. Der optoelektronische Kreuzkorrelator (2) kann das Meßlicht mit einem in der Frequenz abstimmbaren Referenzlicht auf ein elektrisches Niederfrequenzsignal, welches hochohmig ausgewertet wird, mischen.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

| | | | | | | | |
|----|------------------------------|----|-----------------------------------|----|---|----|--------------------------------|
| AL | Albanien | ES | Spanien | LS | Lesotho | SI | Slowenien |
| AM | Armenien | FI | Finnland | LT | Litauen | SK | Slowakei |
| AT | Österreich | FR | Frankreich | LU | Luxemburg | SN | Senegal |
| AU | Australien | GA | Gabun | LV | Lettland | SZ | Swasiland |
| AZ | Aserbaidschan | GB | Vereinigtes Königreich | MC | Monaco | TD | Tschad |
| BA | Bosnien-Herzegowina | GE | Georgien | MD | Republik Moldau | TG | Togo |
| BB | Barbados | GH | Ghana | MG | Madagaskar | TJ | Tadschikistan |
| BE | Belgien | GN | Guinea | MK | Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien | TM | Turkmenistan |
| BF | Burkina Faso | GR | Griechenland | ML | Mali | TR | Türkei |
| BG | Bulgarien | HU | Ungarn | MN | Mongolei | TT | Trinidad und Tobago |
| BJ | Benin | IE | Irland | MR | Mauretanien | UA | Ukraine |
| BR | Brasilien | IL | Israel | MW | Malawi | UG | Uganda |
| BY | Belarus | IS | Island | MX | Mexiko | US | Vereinigte Staaten von Amerika |
| CA | Kanada | IT | Italien | NE | Niger | UZ | Usbekistan |
| CF | Zentralafrikanische Republik | JP | Japan | NL | Niederlande | VN | Vietnam |
| CG | Kongo | KE | Kenia | NO | Norwegen | YU | Jugoslawien |
| CH | Schweiz | KG | Kirgisistan | NZ | Neuseeland | ZW | Zimbabwe |
| CI | Côte d'Ivoire | KP | Demokratische Volksrepublik Korea | PL | Polen | | |
| CM | Kamerun | KR | Republik Korea | PT | Portugal | | |
| CN | China | KZ | Kasachstan | RO | Rumänien | | |
| CU | Kuba | LC | St. Lucia | RU | Russische Föderation | | |
| CZ | Tschechische Republik | LI | Liechtenstein | SD | Sudan | | |
| DE | Deutschland | LK | Sri Lanka | SE | Schweden | | |
| DK | Dänemark | LR | Liberia | SG | Singapur | | |
| EE | Estland | | | | | | |

Anordnung und Verfahren zur Überwachung der Performance von DWDM Mehrwellenlängensystemen

Bei dichtgepackten WDM-Systemen (dense WDM, DWDM) werden Nachrichten über Lichtsignale bei verschiedenen Wellenlängen über nur eine Faser übertragen. Jede Wellenlänge ist Träger eines Informationssignals. Dabei liegen alle Kanäle innerhalb des Wellenlängenbereichs von zur Zeit ca. 1520 nm bis 1565 nm. Der Kanalabstand beträgt wenige Nanometer bzw. einige hundert Picometer. Von der internationalen ITU-T Arbeitsgruppe wurden dabei zur Standardisierung dieser Telekommunikationssysteme die zu verwendenden Wellenlängen (entspricht den Kanälen) mit einem Kanalabstand von 100 GHz (≈ 0.8 nm) als Standard empfohlen. Die weitere Entwicklung dieser DWDM-Systeme zielt auf die Erweiterung des nutzbaren Wellenlängenbereiches bis z.B. 1610 nm.

An vielen Stellen dieses Übertragungssystems werden Anordnungen zur laufenden Überwachung aller charakteristischer Parameter mit der Möglichkeit der Signalregeneration oder –verbesserung benötigt. Zu den wichtigsten Parametern gehören dabei die Wellenlänge und die Leistung aller Kanäle, die Überwachung der Linienbreite und der Wellenlängendrift der Laser, sowie das Signal-Rausch-Verhältnis in jedem Übertragungskanal.

Typische Spezifikationsanforderungen für die Überwachung sind dabei:

- Wellenlängenmessung pro Kanal mit 0.08 nm absoluter Genauigkeit und 0.01 nm Auflösung
- Leistungsmessung pro Kanal mit 0.5 dB absoluter Genauigkeit und 0.1dB Auflösung
- S/N-Messung zwischen den Kanälen mit 0.4 dB absoluter Genauigkeit, 0.1 dB
- Wiederholbarkeit und einer Dynamik von mindestens 33 dB
- Zuverlässigkeit über 10^{10} Meßzyklen (ca. 20 Jahre)
- geringe PDL (0.1 dB max.)
- geringe Baugröße.

Zur Überwachung eignen sich grundsätzlich verschiedene Verfahren, die in konventionellen optischen Spektrumanalysatoren zur Anwendung kommen.

Bei der Filtertechnik werden zur Wellenlängenselektion durchstimmbare, schmalbandige Filter verwendet. Es kommen akustooptische 5 Filter (z.B. Fa. Wandel & Goltermann) oder piezoelektrisch gesteuerte Mikrofilter (z.B. Fa. Queensgate) oder durchstimmbare Faser-Bragg-Gitter (z.B. Fa. ElectroPhotonics Corp.) zum Einsatz, die direkt über eine elektrische Größe abstimmbare sind.

Die Filtertechnik beschränkt sich nicht nur auf die optische Filterung, 10 sondern sie kann auch nach einer vorausgehenden Umsetzung in elektronische Signale auf der elektrischen Signalebene erfolgen. Bei der elektronischen Filterung wird das optische Signal in einem nichtlinearen optischen Bauelement mit einem optischen Referenzsignal gemischt und die 15 Differenzfrequenzen auf einem elektronischen Spektrenanalyser ausgewertet (Fa. Hewlett Packard).

Eine weitere Variante ist die Gittermonochromatortechnik, bei der entweder das Gitter gedreht und das räumlich aufgelöste Signalspektrum mit einer einzelnen Photodiode abgetastet wird oder das Gitter feststeht und ein scannender Ablenkspiegel vor dem Ausgangsspalt des Monochromators 20 vorgesehen ist, bzw. ein bewegliches Reflexionselement den Einfallswinkel der Strahlung auf das Gitter ändert (z.B. Fa. Photonetics) oder es wird ein feststehendes Gitter zusammen mit einer Photodiodenzeile als Detektoreinheit (z.B. Fa. Yokogawa) verwendet.

Bei der Interferometertechnik wird aus dem Detektorsignal eines 25 Michelson-Interferometers mit variablen Weglängen mit Hilfe der Fouriertransformation das Spektrum gewonnen (z.B. Fa. Hewlett Packard).

Alle erwähnten, konventionellen Anordnungen sind nicht geeignet, die hohen Anforderungen, die bezüglich Auflösung, Meßgenauigkeit, ASE-Messung und Dynamik an eine Monitoring-Baugruppe für ein DWDM- 30 System gestellt werden, gleichzeitig und in geeigneter Weise zu erfüllen und außerdem den Forderungen nach kurzer Meßzeit, Langlebigkeit und geringem Platzbedarf sowie kostengünstiger Ausführung zu entsprechen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein geeignetes Meßsystem zu realisieren, welches bezüglich Auflösung, Meßgenauigkeit, ASE-Messung und Dynamik, kurzer Meßzeit, Langlebigkeit und geringem Platzbedarf sowie kostengünstiger Ausführung den Anforderungen an ein DWDM-
5 Monitorsystem genügt.

Erfindungsgemäß wird dies durch eine Anordnung mit zwei Varianten realisiert. Zum einen wird dies erfundungsgemäß durch ein schmalbandiges, abstimmbares Bandpassfilter, in Form eines speziellen Gitter-Spektrometers mit hoher Auflösung und schneller Abtastung der Meßwerte gemäß der
10 Variante 1 nach Fig. 1 erreicht, zum anderen wird dies erfundungsgemäß mittels eines optoelektronischen Kreuzkorrelators in einer Variante nach Fig. 2 als eine rein elektronische Lösung vorgestellt.

Variante 1:

Fig. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau der Ausführung aus Fasereingang
15 5, schmalbandigem, abstimmbarem Bandpassfilter 1 und Auswerteeinheit 3.

Spektrometer hoher Auflösung benötigen i.a. mehrere disulative und abbildende Elemente und werden in aufwendiger Weise auf die zu detektierende Wellenlänge eingestellt.

Ein auf der Basis eines Mehrfachspektrografen basierendes System ist in
20 Fig. 3 beispielhaft dargestellt. Das Meßlicht gelangt über eine Lichtleitfaser 5 in die das Spektrometer enthaltende Optikeinheit 13. Das nach einer bestimmten Wellenlänge selektierte Licht gelangt aus der Optikeinheit 13 auf den Photodetektor 11. Das im Photodetektor aus dem Meßlicht gewonnene elektrische Signal wird über ein Tiefpassfilter 6 zum Signalprozessor 7 geführt. Hier erfolgt die Zuordnung der Wellenlänge, die aus dem Positionssignal 8 des Positionssensors 28 durch die Referenzeinheit 9 ermittelt wird und ebenfalls zum Signalprozessor 7 gelangt. Dieser Prozessor erzeugt auch die notwendigen Steuersignale für die Antriebseinheit 10 und den Gitterantrieb 12, die das wellenlängenbestimmende Element in der
25 Optikeinheit 13 verstellt. Die im Signalprozessor errechneten charakteristischen Werte für die momentan eingestellte Wellenlänge werden in der Anzeigeeinheit 14 für den Nutzer dargestellt und für eine Weitergabe bereitgestellt.

Die Aufgabe, eine hohe Auflösung zu erreichen, wird durch den Aufbau eines speziellen Gitter-Spektrometers 1, in dem ein Echelle-Gitter oder ein für den zu überwachenden Wellenlängenbereich geblaztes Gitter in einer gemischten Aufstellung nach Ebert und Fastie und näherungsweise in einer Littrow-Anordnung montiert ist, gemäß Fig. 4 erfüllt. Die Lichtwege für das ein- und ausfallende Licht sind dabei nahezu symmetrisch. Durch die Mehrfachnutzung des Gitters und des einen abbildenden Elementes, welches ebenfalls mehrfach genutzt wird, zusammen mit mehreren Strahlumlenksystemen aus Planspiegeln oder Prismen, wird ein kompakter, stabiler, hochdispersiver und kostengünstiger Aufbau erreicht. Ein überwiegend symmetrischer Strahlengang in der optischen Einheit verhindert Abbildungsfehler, die zu einer drastischen Verschlechterung der Auflösung führen. Die Bewegung des Gitters zur Wellenlängenselektion kann, da nur ein Element bewegt wird, mit hoher Geschwindigkeit erfolgen. Die Nutzung nur eines Detektorelementes verhindert orts- bzw. elementabhängige Schwankungen der Empfindlichkeit. Außerdem wird eine weitgehende Unabhängigkeit von Polarisationseffekten wie z.B. PDL (Polarisation dependend losses; polarisationsabhängige Verluste) erreicht, da die Strahlen bei dem geblazten Gitter bzw. dem Echelle-Gitter nahezu senkrecht auf die beugenden Gitterflächen treffen und in hohem Einfallswinkel mit kleinem Strahldurchmesser eine große Gitterlänge ausleuchten.

Die für die Zuordnung der Meßwellenlänge maßgebliche Winkelposition des dispergierenden Gitters wird durch eine Hilfseinrichtung, den Positionssensor, nach Fig. 5 bestimmt.

Für ein allgemeines Gitter gilt die Grundgleichung

$$m\lambda = d(\sin \alpha + \sin \beta), \quad (I)$$

wobei m die Ordnung, d der Linienabstand und α , β die Ein- bzw. Ausfallwinkel bezeichnen. Da bei einem Gitter in Littrow-Anordnung Ein- und Ausfallwinkel nahezu identisch sind, ergibt sich bei der Aufstellung nach Fastie die Vereinfachung:

$$m\lambda = 2d \sin \alpha. \quad (II)$$

Bei der Aufstellung nach Ebert gilt die Grundgleichung (I). Die Strahlenführung wird dabei so ausgelegt, daß ein möglichst symmetrischer Strahlengang bezüglich des Hohlspiegels vorliegt. Da auch hier der Ein- bzw. Ausfallwinkel nahezu gleich sind, ist auch die Winkeldispersion in ähnlicher 5 Größe wie bei der Aufstellung nach Fastie. Durch den mehrfachen, hier z.B. vierfachen Durchgang der Strahlung durch das dispersive Element vervierfacht sich auch die Gesamtdispersion und damit die Auflösung des Gerätes. Der symmetrische Strahlengang bezüglich des abbildenden Hohlspiegels bewirkt wegen der Nutzung symmetrisch liegender 10 Spiegelbereiche eine weitgehende Kompensation der Abbildungsfehler, insbesondere des Astigmatismus, der zu einer erheblichen Verschlechterung der Auflösung führt.

15 Durch ein dielektrisches optisches Vorfilter als Bandpaß im Mehrfachstrahlengang wird Licht mit Wellenlängen außerhalb des DWDM-Bereiches unterdrückt. Das Filter wird dann z.B. nur von dem ca. 100 nm breite DWDM-Bereich passiert.

20 Die Detektion des gesamten Spektrums erfolgt durch einen einzigen Strahlungsdetektor, die Einstellung der zu detektierenden Wellenlänge erfolgt durch Verdrehen des Gitters um seine Hochachse, wobei dies sowohl durch einen motorischen Antrieb, als auch durch die Ausbildung als schwingfähige Feder-Masse-Anordnung mit Torsionsfedern erfolgt.

25 Desweiteren wird die Position des Gitters mit sehr hoher Präzision durch einen Hilfslaser erfaßt. Der fokussierte Strahl des Hilfslasers wird auf eine mit dem Gitter starr verbundene reflektierende Fläche gerichtet und der reflektierte Strahl einem Positionssensor mit einem Inkrementalmaßstab zugeleitet.

30 In Fig. 4 ist beispielhaft eine entsprechende Ausführung dargestellt. Das zu untersuchende Licht gelangt durch die Eintrittsöffnung, die als Fasereingang 25 ausgebildet ist, in das optische System. Der divergente Strahlengang wird durch den Kollimator und Kameraspiegel 27 zu einem parallelen Bündel geformt und näherungsweise unter dem Blazewinkel auf das Gitter 24 geleitet. Das gebeugte Bündel gelangt wieder zum Kollimator und Kameraspiegel 27, wird durch diesen fokussiert und gelangt auf die Spiegel 21 und 22, wird dort in der Weise umgelenkt, daß das nun wieder divergente

Bündel achsenparallel zum Kollimator und Kameraspiegel 27 geführt wird. Von dort trifft das Parallelbündel wieder das Gitter 24, wird wiederum gebeugt und trifft den Kollimator und Kameraspiegel 27. Von dort wird nun der Strahl zum Spiegel 15 und über die Spiegel 16, 17 und 18 gelenkt.

5 Nunmehr hat der Strahl eine Position oberhalb der optischen Achse erreicht und trifft wieder den Kollimator und Kameraspiegel 27, gelangt von dort wieder zum Gitter 24 und über den Kollimator und Kameraspiegel 27 ein weiteres Mal auf das Gitter 24. Von dort gelangt der noch stärker dispergierte Strahl wieder zum Kollimator und Kameraspiegel 27 und wird von dort zum Spiegel 19 und 20 geführt, trifft dann wieder den Kollimator und

10 Kameraspiegel 27, dann das Gitter 24 und dann letztmalig den Kollimator und Kameraspiegel 27. Der fokussierte und vierfach dispergierte Strahl gelangt dann zum Signalausgang 26. Alle Strahlen, die mehrfach auf das Gitter 24 gelangen und von dort wieder zum Kollimator und Kameraspiegel 27 geführt werden, müssen das dielektrische Bandpassfilter 23 passieren und werden dort auf das Nutzfrequenzband beschnitten.

15

In Fig. 5 ist beispielhaft eine Ausführung der Positionserfassung dargestellt. Das Licht eines Hilfslasers 41 wird durch die Optik 42 auf den Inkrementalmaßstab 45 fokussiert. Die Drehung des Gitters 43 und die damit verbundene Drehung des mit dem Gitter starr verbundenen Spiegels 44 bewirkt eine Auslenkung des Laserstrahles über den Inkrementalmaßstab 45.

20

Die Beeinflussung der Laserintensität durch den Inkrementalmaßstab wird durch den nachgeordneten Detektor 46 erfaßt und der Auswertung zugänglich gemacht.

25 **Variante 2:**

Die Variante 2 nach Fig. 2, eine vollständig elektronische Lösung in Form eines optoelektronischen Kreuzkorrelators 2, verwendet an sich bekannte Verfahren der Hochfrequenztechnik. Hier werden allerdings zwei optische Signale miteinander gemischt, ohne vorher eine Umsetzung in elektrische Signale vorzunehmen. Diese beiden Signale sind einmal das zu untersuchende Meßlicht 5 und andererseits das aus einem durchstimmbaren Laser 4 stammende Referenzlicht. Beim Durchstimmen des Referenzoszillators (Laser) entsteht eine Schwebungsfrequenz, die bei

30

Annäherung an die Meßlichtfrequenz immer niederfrequenter wird und bei Frequenzgleichheit gegen Null geht. Dies ermöglicht die Verwendung von für den Niederfrequenzbereich vorgesehenen Bauelementen und somit auch für den Mischerausgang einen hochohmigen Lastwiderstand. Dies führt zu einer erheblichen Verbesserung der Nachweisempfindlichkeit. Während die von der optischen Überlagerungstechnik her bekannten Lösungen üblicherweise mit einem Lastwiderstand von 50 Ohm arbeiten, lässt diese Anordnung 5 Widerstände von einigen Kiloohm zu. Der zu verarbeitende Frequenzbereich erstreckt sich dabei von einer frei zu wählenden unteren Grenzfrequenz, die 10 zweckmäßigerweise oberhalb störender Netzfrequenz- und Basisbandkomponenten, die durch die Intensitätsmodulation der optischen Träger verursacht werden, liegt, bis zu einer oberen Grenzfrequenz, die die 15 Integrationsbandbreite bestimmt. Diese Frequenz ist zweckmäßigerweise nicht wesentlich niedriger als die spektrale Breite des als Überlagerungsoszillator fungierenden durchstimmbaren Lasers. Der Vorteil einer solchen Anordnung besteht in der kompakten Ausführung, dem Fehlen beweglicher Teile, einer 20 rein elektronischen Lösung unter Verwendung für den NF-Bereich geeigneter Bauelemente, der nur durch die Abstimmgeschwindigkeit des Referenzoszillators begrenzten Meßrate und einer hohen Empfindlichkeit bei fast beliebig kleiner Auswertebandbreite.

Die beiden Lichtsignale werden durch die folgenden Beziehungen 25 beschrieben:

$$\mathbf{E}_M = E_M \left[i \int_0^t \omega \, dt \right] e_M$$

$$\mathbf{E}_R = E_R \left[i \int_0^t \Omega \, dt \right] e_R$$

Daraus ergibt sich der Photostrom:

$$\begin{aligned} I &= | \mathbf{E}_M + \mathbf{E}_R |^2 \\ &= \mathbf{E}_M \cdot \mathbf{E}_M + \mathbf{E}_R \cdot \mathbf{E}_R + 2 \operatorname{Re} \{ \mathbf{E}_M \cdot \mathbf{E}_R \} \\ &= E_M^2 + E_R^2 + 2 E_M E_R \cos \left[\int_0^t (\omega - \Omega) \, dt \right] \end{aligned}$$

Es ist erkennbar, daß der letzte Term einen zeitlich veränderlichen Strom beschreibt, der von den Amplituden beider Strahlungen und der Differenz der Lichtfrequenzen abhängt. Bei Annäherung beider Frequenzen entsteht ein niederfrequentes Signal mit der Maximalamplitude $I_{\max} = 2 E_M E_R$. Außerdem geht die Polarisationsrichtung beider Lichtquellen ein. Um diese Abhängigkeit auszuschalten, kann einerseits der Referenzlichtlaser oder die Meßlichtquelle in seiner Polarisationsrichtung statistisch veränderlich gemacht werden, oder es werden z.B. als Referenzlichtquelle zwei orthogonal polarisierte Strahlen zur Verfügung gestellt und die optische Mischung erfolgt in zwei getrennten Detektoren mit nachträglicher Verknüpfung in dem Signalprozessor. Als weitere Lösung kann z.B. der Referenzlaser zeitsequentiell in der Polarisationsebene umgeschaltet werden und die nacheinander folgenden Messungen werden in dem Signalprozessor miteinander verknüpft.

In Fig. 6 wird die Variante 2 beispielhaft dargestellt. Die zu messende Strahlung gelangt über den Fasereingang 5 als Meßstrahl 39 auf ein nichtlineares optisches Bauelement, den Detektor 32. Gleichzeitig wird der Referenzstrahl 40 über die Polarisationsseinheit 47 zum Detektor 32 geführt. Die aus den optischen Signalen entstehenden elektrischen Mischprodukte gelangen über das Tiefpassfilter 33 zum Gleichrichter 34 und weiter zum digitalen Signalprozessor 35, der die Auswertung der Signale vornimmt, die Anzeigeeinheit 36 ansteuert und den Referenzlaser-Controller 37 mit dem abstimmbaren Laser 38 bedient.

Durch eine Wellenlängenkalibrierung 29 zur Wellenlängenzuordnung in beiden Varianten wird die Bereitstellung von Wellenlängenreferenzen ermöglicht. Dazu eignen sich bekannte Anordnungen wie z.B. Absorptionszellen, die Gase mit charakteristischen Absorptionslinien im erforderlichen Wellenlängenbereich enthalten. Wird eine solche Zelle in den Strahlengang z.B. des Spektrometers gebracht und das System breitbandig beleuchtet, so entstehen charakteristische Signalverläufe, mit denen eine genaue Wellenlängenzuordnung möglich ist. Eine andere Möglichkeit besteht in der Messung der Referenzlaserwellenlänge durch eine zusätzliche interferometrische Anordnung. Hierbei wird z.B. ein Teil des Lichtes des durchstimmbaren Referenzlichtlasers zu einem Interferometer geführt,

welches zusätzlich mit einer hochgenauen Lichtquelle versehen ist und in dem die beim Durchstimmen des Referenzlichtlasers entstehenden zeitlich veränderlichen Interferenzsignale der Zuordnung der momentan vorhandenen Wellenlänge dienen.

5 Die Zusammenführung von Meß- und Referenzlicht kann auf unterschiedliche Weise realisiert werden. In Fig. 6 ist die freie Einstrahlung von Meß-, Referenz- und gegebenenfalls Kalibrierlicht auf das nichtlineare Detektorbauelement 32 dargestellt.

10 In Fig. 7 ist dargestellt, daß die Zusammenführung der verschiedenen Strahlen durch ein faseroptisches Bauelement, welches als Bulk-- oder Y-
15 Koppler 48 ausgeführt ist, erfolgt. Das Meßsignal am Fasereingang 31 gelangt über den Koppler 48 zum Detektor 32. Das Licht des Referenzlasers 38 wird über die Polarisationseinheit 47 in einem weiteren Koppler 48 mit dem Licht der Wellenlängenkalibrierung 29 kombiniert und im ersten Koppler 48 zum Meßlicht hinzugefügt.

20 In Fig. 8 ist beispielhaft eine zweikanalige Ausführung angegeben, die die angeführte Polarisationsabhängigkeit zu berücksichtigen gestattet. Das Meßlicht wird durch einen polarisierenden Strahlteiler 49 in zwei Kanäle orthogonaler Polarisation geteilt. Der Referenzlaser 38 wird ebenfalls in zwei Strahlen orthogonaler Polarisation aufgespalten und mit den zugehörigen Meßstrahlen auf zwei getrennte Detektoren 46 geführt. Die Ausgangssignale beider Detektoren gelangen dann zum Signalprozessor 35 und werden dort weiterverarbeitet.

Verzeichnis der Fig.

Fig. 1 Prinzipieller Aufbau eines schmalbandigen optischen Bandpassfilters
aus Gitter-Spektrometer und Auswerteeinheit

5 Fig. 2 Prinzip des optoelektronischen Kreuzkorrelators

Fig. 3 Prinzip des Gitter-Spektrometers mit Mehrfachdurchgang

Fig. 4 Beispiel zum Aufbau und Strahlengang im Gitter-Spektrometer mit
Mehrfachdurchgang

Fig. 5 Aufbau des Positionssensors

Fig. 6 Beispiel eines optoelektronischen Kreuzkorrelators

10 Fig. 7 Strahlzusammenführung durch Fiber-Koppler

Fig. 8 Zweikanaliger optoelektronischer Kreuzkorrelator

Legende zu den Fig.

| | |
|----|---|
| 1 | Gitter-Spektrometer |
| 2 | Optoelektronischer Kreuzkorrelator |
| 3 | Auswerteeinheit |
| 5 | 4 Referenzoszillator, Laser, Referenzlaser |
| | 5 Eingangssignal, Lichtleitfaser, Fasereingang |
| | 6 Tiefpaßfilter |
| | 7 Signalprozessor |
| | 8 Positionssignal |
| 10 | 9 Referenzeinheit |
| | 10 Antriebseinheit |
| | 11 Photodetektor, Photodiode |
| | 12 Gitterantrieb |
| | 13 Optikeinheit |
| 15 | 14 Anzeigeeinheit |
| | 15 Spiegel |
| | 16 Spiegel |
| | 17 Spiegel |
| | 18 Spiegel |
| 20 | 19 Spiegel |
| | 20 Spiegel |
| | 21 Spiegel |
| | 22 Spiegel |
| | 23 Dielektrisches Vorfilter, dielektrisches Bandpaßfilter |
| 25 | 24 Gitter |
| | 25 Eingang, Fasereingang |
| | 26 Ausgang |
| | 27 Kollimator und Kameraspiegel |
| | 28 Positionssensor |
| 30 | 29 Wellenlängenkalibrierung |
| | 30 Nichtlineares optoelektronisches Bauelement |
| | 31 Fasereingang |

- 32 Detektor, nichtlineare Detektorbauelement, Photodiode
- 33 Tiefpaßfilter
- 34 Gleichrichter
- 35 Signalprozessor
- 5 36 Anzeigeeinheit
- 37 Referenzlaser-Controller
- 38 Abstimmbarer Laser, Referenzlaser
- 39 Meßstrahl
- 40 Referenzstrahl
- 10 41 Hilfslaser
- 42 Optik
- 43 Gitter
- 44 Spiegel
- 45 Inkrementalmaßstab
- 15 46 Detektor, linienförmigen Photodiode
- 47 Polarisationseinheit
- 48 Bulk- oder Y-Faserkoppler
- 49 Polarisierender Strahlteiler

Patentansprüche:

1. Anordnung zur Überwachung der Performance von DWDM Mehrwellenlängen-Systemen,
dadurch gekennzeichnet, daß entweder ein schmalbandiges
5 und durchstimmbares Bandpaßfilter (1) für den DWDM-Bereich durch eine Anordnung mit einem Gitter (24) in Littrow-Anordnung mit mehrfachem Strahldurchgang oder eine rein elektronische, auf dem Prinzip der optoelektronischen Mischung in Form eines Kreuzkorrelators (2) vorliegt.
2. Anordnung nach Anspruch 1,
10 dadurch gekennzeichnet, daß das Gitter (24) in Littrow-Anordnung sowohl in Ebert'scher Aufstellung, als auch in Aufstellung nach Fastie für den Mehrfachdurchgang angeordnet ist.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2,
15 dadurch gekennzeichnet, daß zur Vermeidung von polarisationsabhängigen Reflexionen als Gitter (24) ein solches mit ruled-grating, das einen nahezu senkrechten Einfall auf das Gitter (24) sicherstellt, vorliegt.
4. Anordnung nach Anspruch 1 bis 3,
20 gekennzeichnet durch ein dielektrisches Vorfilter (22) zur Unterdrückung von Wellenlängen außerhalb des Meßbereiches, welches aufgrund des mehrfachen Durchlaufens seine wirksame Güte vervielfacht.
5. Anordnung nach Anspruch 1 bis 4,
25 dadurch gekennzeichnet, daß das Gitter (24) sowohl für eine Drehbewegung als auch eine periodisch oszillierende Bewegung zur Wellenlängeneinstellung eingerichtet ist.
6. Anordnung nach Anspruch 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, daß die Kombination eines bewegten Gitters (24) mit einem optischen Positionssensor (28) vorliegt.
7. Anordnung nach Anspruch 1 bis 6,
30 gekennzeichnet durch einen Hilfslaser (41) zur Abtastung des sich

bewegenden Objekts zur Gewinnung eines Synchronsignals zur Wellenlängenzuordnung des Ausgangssignals der Anordnung.

8. Anordnung nach Anspruch 1 bis 7,
5 ge k e n n z e i c h n e t durch einen Positionssensor (28) zur Gewinnung eines Positionssignals (8) des sich bewegenden Objektes.
9. Anordnung nach Anspruch 1 bis 8 ,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a ß der Positionssensor (28) aus einer linienförmigen Photodiode (46) und einem davor angebrachten Inkrementalmaßstab (45) besteht.
- 10 10. Anordnung nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a ß zur optoelektronischen Mischung zweier optischer Signale zur Gewinnung des Meßsignals ein nichtlineares optoelektronisches Bauelement (30) angeordnet ist.
11. Anordnung nach Anspruch 1 oder 10,
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a ß das nichtlineare optoelektronische Bauelement eine Photodiode (32) ist.
12. Anordnung nach Anspruch 1, 10 oder 11,
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a ß die Photodiode (32) zur direkten Einstrahlung beider Lichtquellen (39, 40) auf sie zur Zusammenführung der optischen Signale eingerichtet ist.
13. Anordnung nach Anspruch 1, 10 oder 11,
g e k e n n z e i c h n e t durch einen Bulk- oder faseroptischen Y-Koppler (48) zur Zusammenführung der optischen Signale.
14. Anordnung nach Anspruch 1 oder 10 bis 13 ,
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a ß das elektronische Mischsignal im NF-Frequenzband liegt.
15. Anordnung nach Anspruch 1 oder 10 bis 14 ,
g e k e n n z e i c h n e t durch einen Signalprozessor (35) zur 30 Weiterverarbeitung, Gleichrichtung und weiteren Auswertung des NF-Nutzeignals.
16. Anordnung nach Anspruch 1 oder 10 bis 15,
g e k e n n z e i c h n e t durch einen durchstimmbaren Laser (38) zur Erzeugung der Referenzstrahlung.

17. Anordnung nach Anspruch 1 oder 10 bis 16,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der durchstimmbare Laser (38)
ein Diodenlaser oder Faserlaser ist.
18. Anordnung nach Anspruch 1 oder 10 bis 17,
5 g e k e n n z e i c h n e t durch einen in Schritten umschaltbaren und
innerhalb jeden Teilbereiches fein durchstimmbaren Laser (38) zur
Erzeugung der Referenzstrahlung.
19. Verfahren zur Überwachung der Performance von DWDM-
Mehrwellenlängen-Systemen,
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß man eine Anordnung nach
Anspruch 1 bis 18 verwendet.

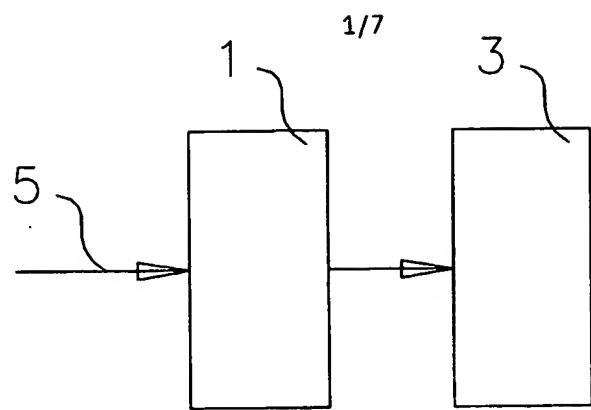


Fig. 1

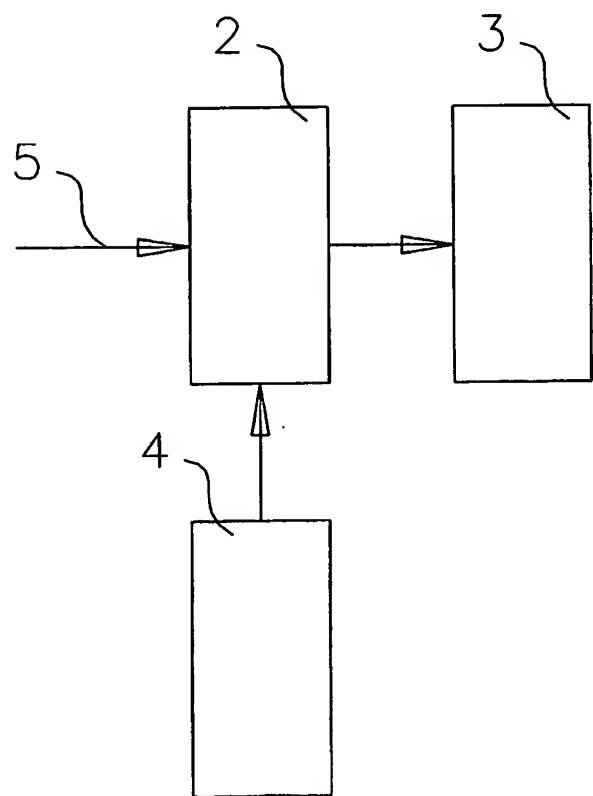


Fig. 2

2/7

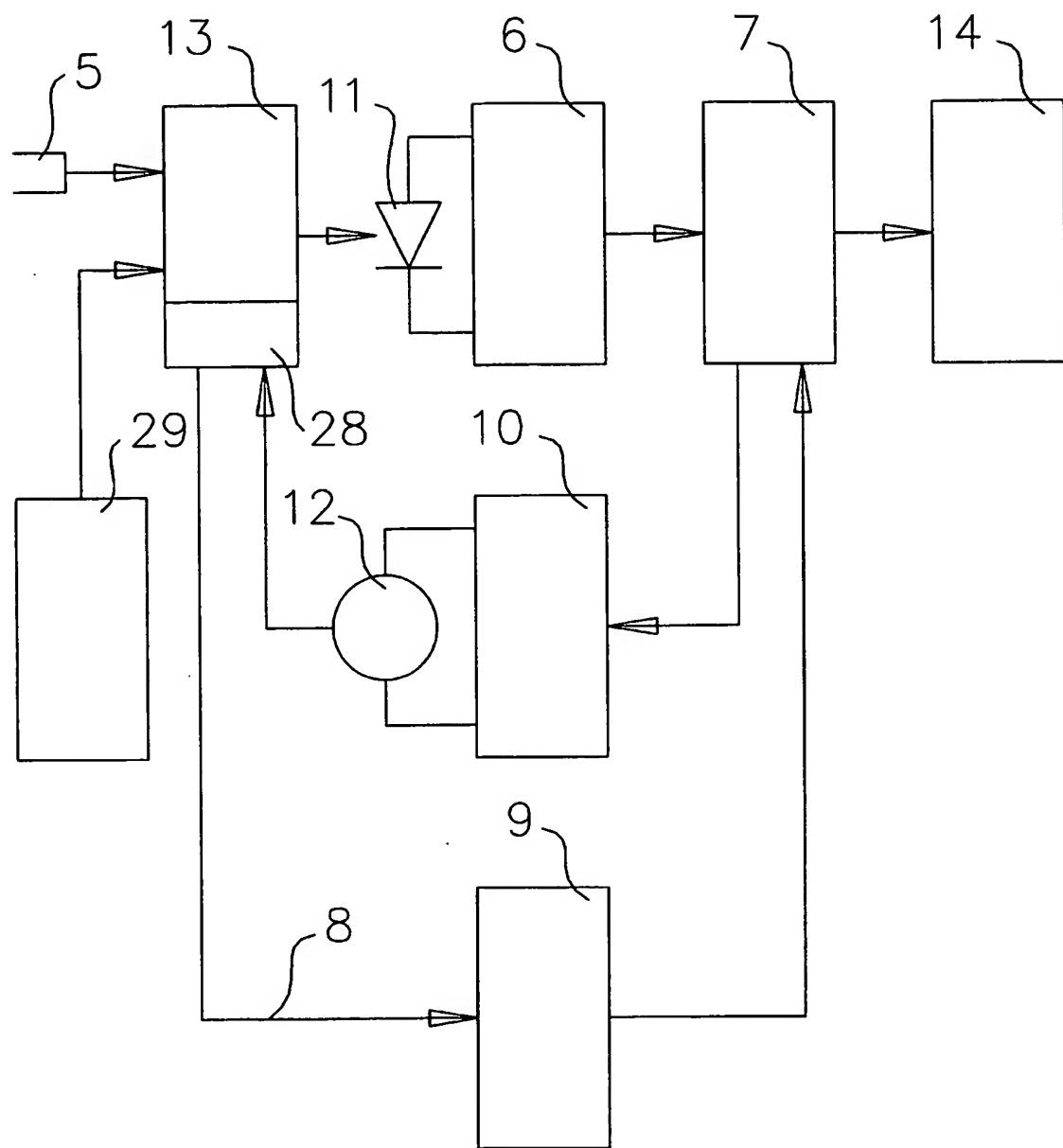


Fig. 3

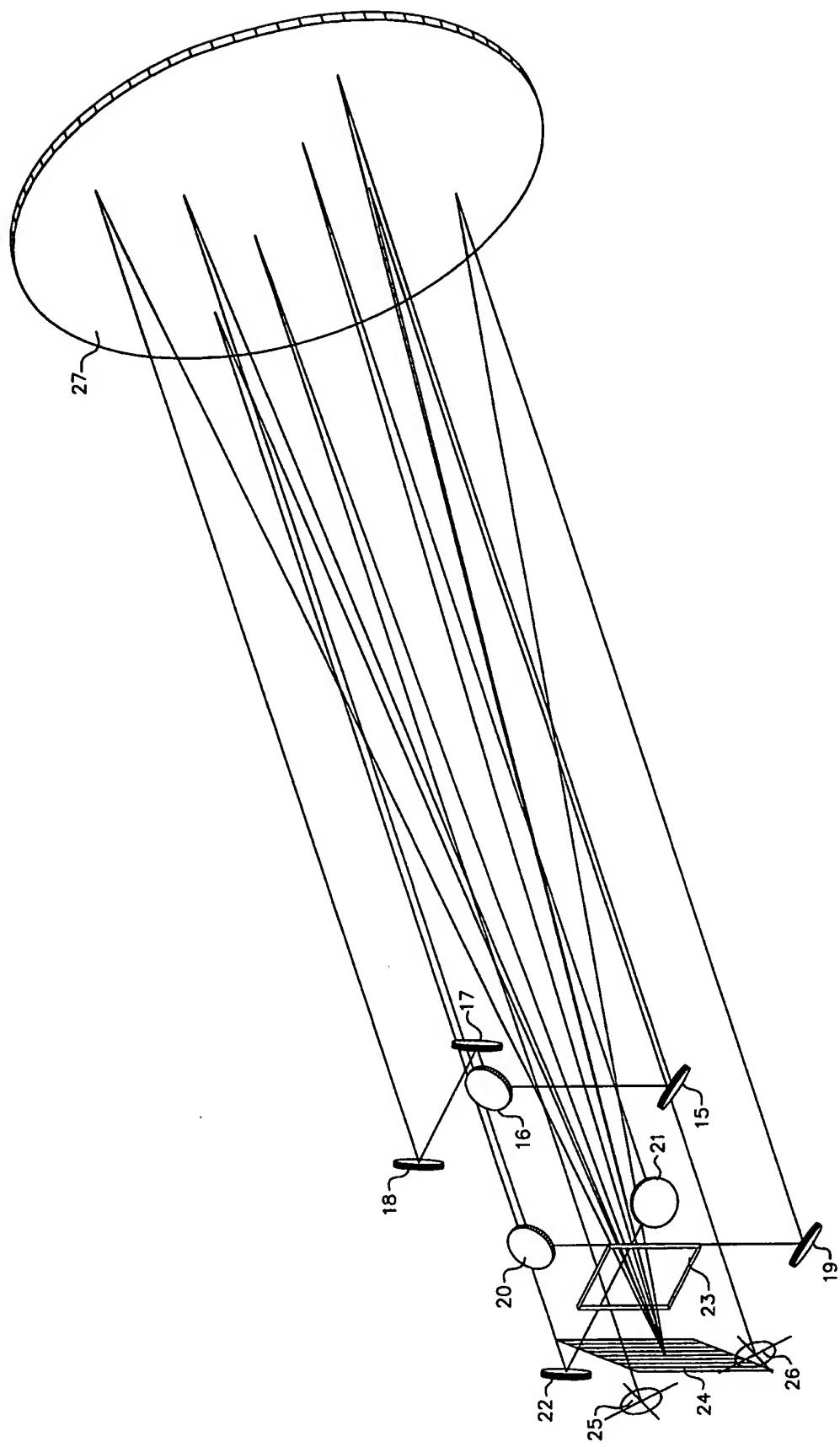


Fig. 4

4/7

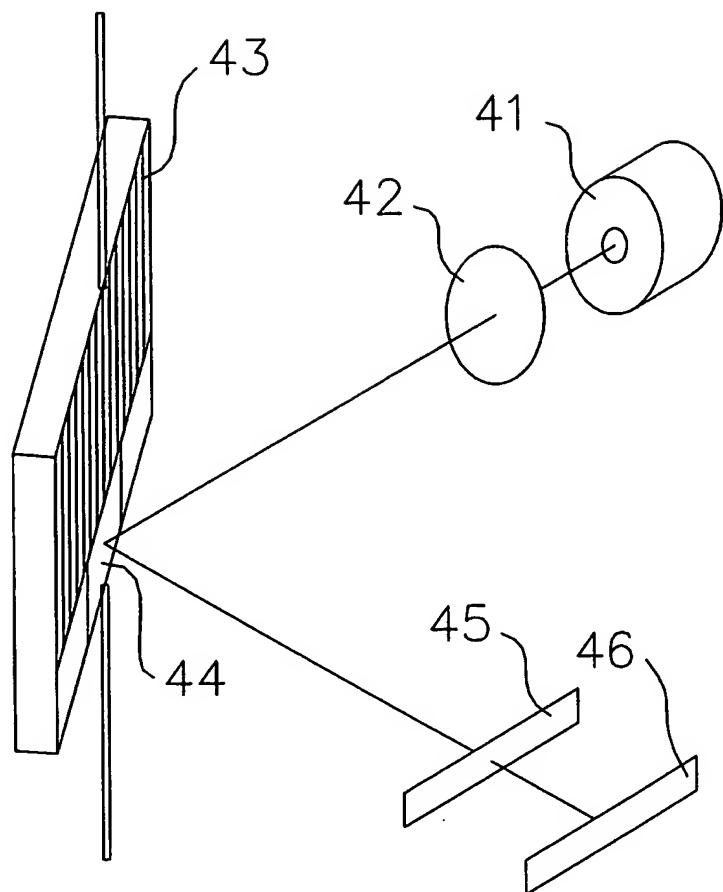


Fig. 5

5/7

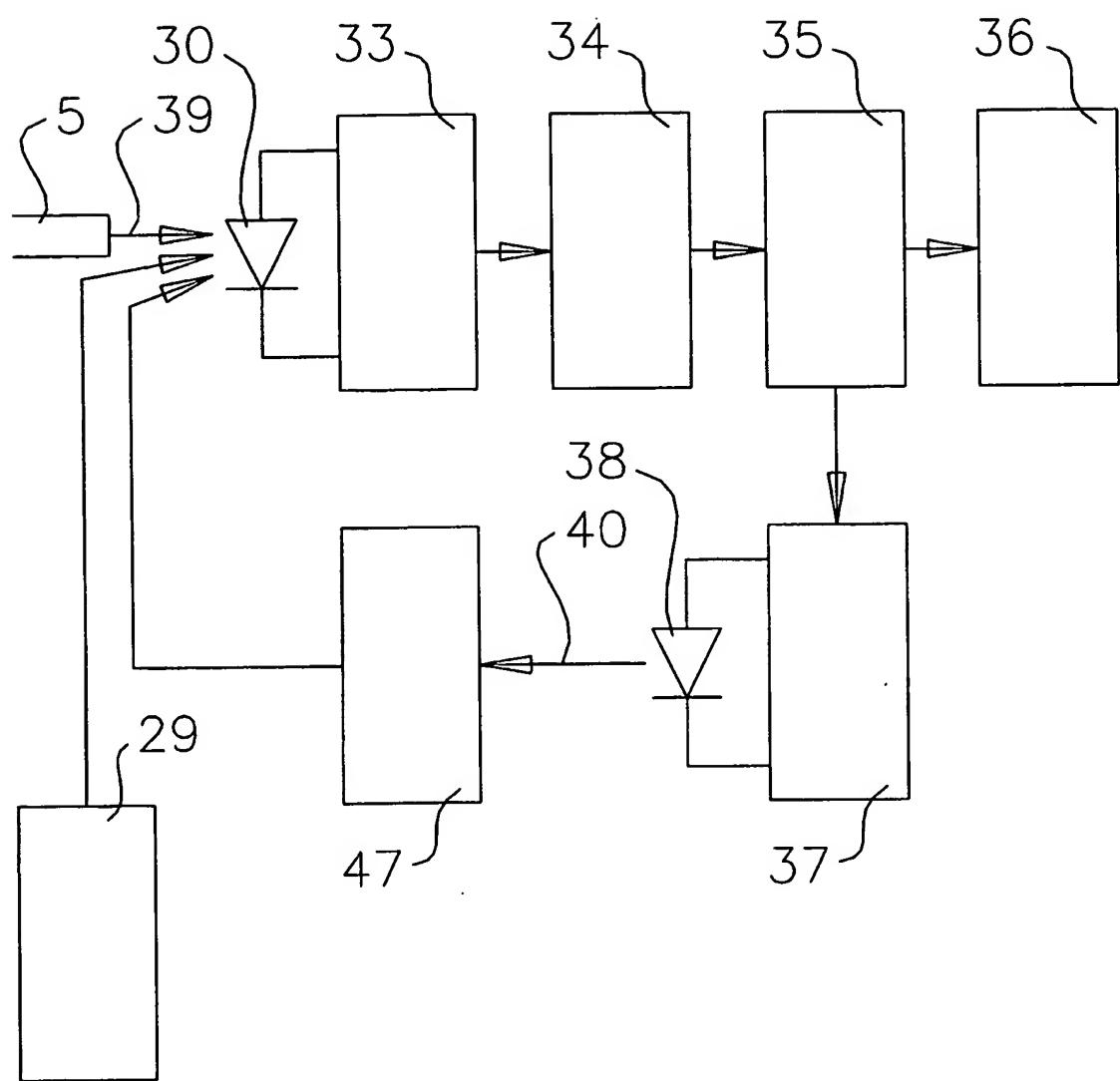


Fig. 6

6/7

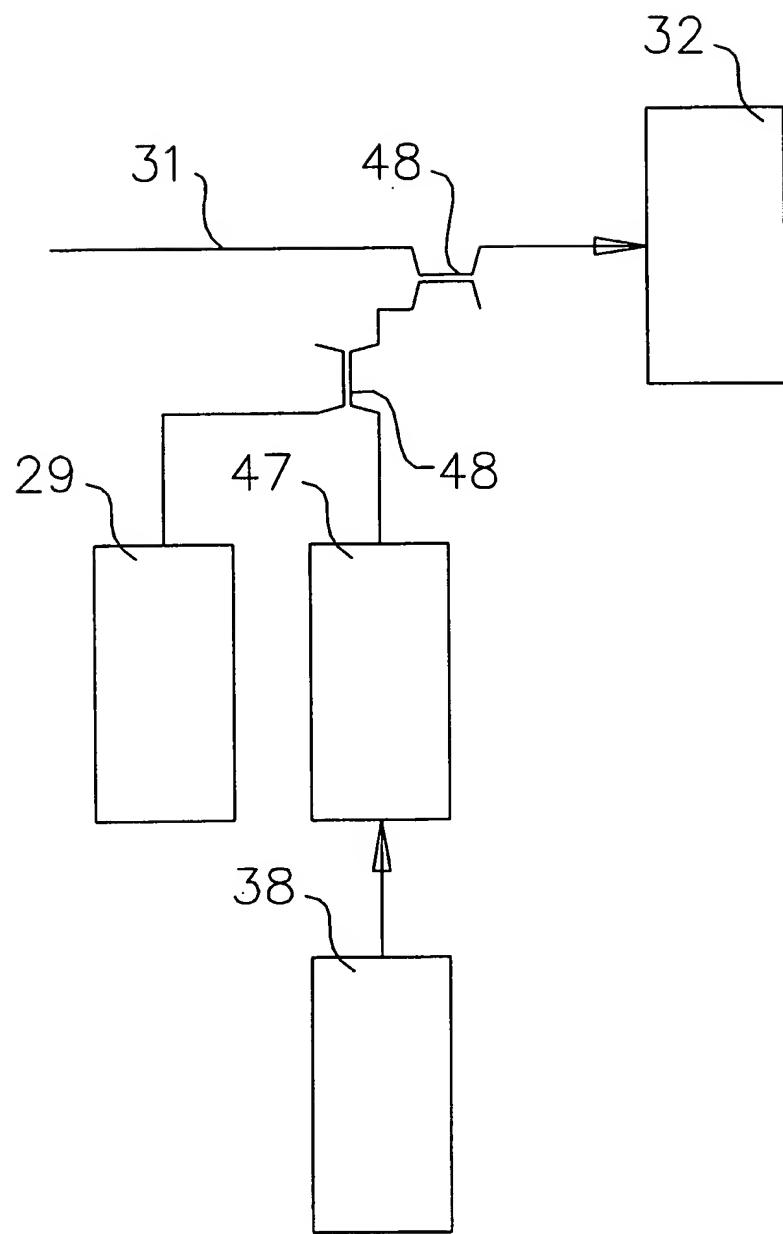


Fig. 7

7/7

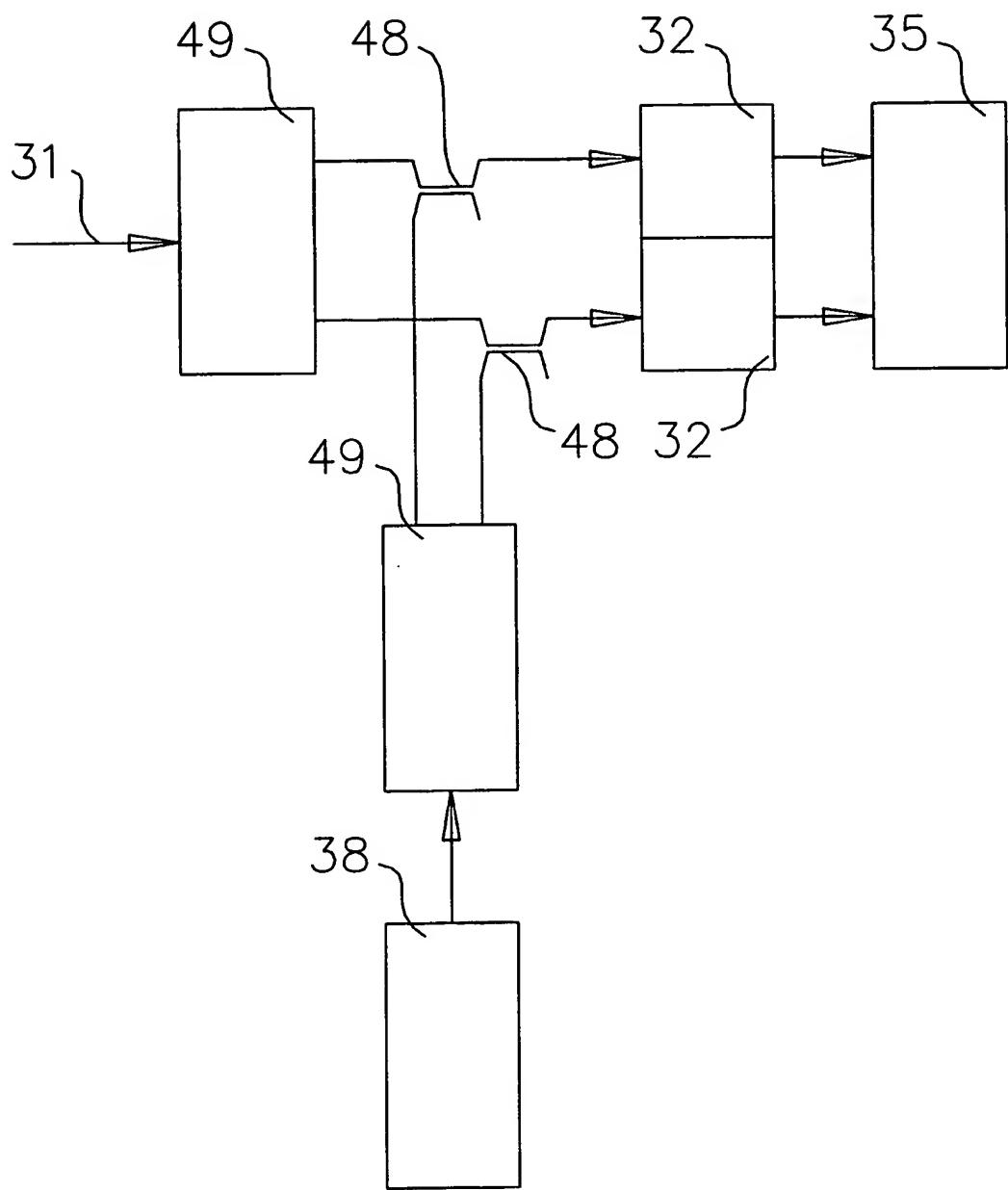


Fig. 8

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

| | | | |
|---|--|----|---|
| (51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : G02B 6/293, G01J 3/18, H04B 10/08, 10/145 | | A3 | (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/21224 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 13. April 2000 (13.04.00) |
| (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/07340 | | | (81) Bestimmungsstaaten: US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). |
| (22) Internationales Anmeldedatum: 4. Oktober 1999 (04.10.99) | | | |
| (30) Prioritätsdaten: 198 45 701.4 5. Oktober 1998 (05.10.98) DE | | | Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i> |
| (71)(72) Anmelder und Erfinder: PALME, Dieter [DE/DE]; Abensbergstrasse 47, D-80993 München (DE). BANDEMER, Adalbert [DE/DE]; Skabiosenstrasse 9, D-80995 München (DE). | | | (88) Veröffentlichungsdatum des internationalen Recherchenberichts: 22. Juni 2000 (22.06.00) |
| (74) Anwalt: BESZEDES, Stephan, G.; Postfach 1168, D-85201 Dachau (DE). | | | |

(54) Title: ARRAY AND METHOD FOR MONITORING THE PERFORMANCE OF DWDM MULTIWAVELENGTH SYSTEMS

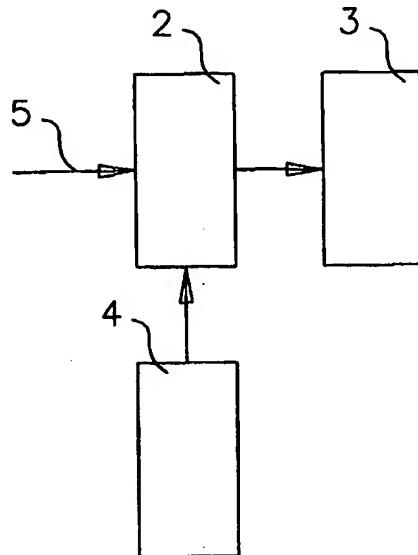
(54) Bezeichnung: ANORDNUNG UND VERFAHREN ZUR ÜBERWACHUNG DER PERFORMANCE VON DWDM MEHRWELLENLÄNGENSYSTEMEN

(57) Abstract

The invention relates to an array and method for monitoring all characteristic parameters of a DWDM transmission system. According to the invention, this is achieved through two different variants. In the first variant, this is realized by means of a special grating spectrometer (1) exhibiting high resolution and fast scanning of measuring values. In the second variant, an optoelectronic cross correlator (2) is used as a purely electronic solution. The grating spectrometer (1) is advantageously a special array in a mixed installation according to Ebert and Fastie in which the grid is traversed four times by the light to be measured. The optoelectronic cross correlator (2) can mix the measuring light with a reference light whose frequency can be tuned to an electric low frequency signal which is evaluated at a high impedance.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung und ein Verfahren zur Überwachung aller charakteristischen Parameter eines DWDM-Übertragungssystems. Erfindungsgemäß wird dies durch zwei Varianten realisiert. Zum einen wird dies durch ein spezielles Gitter-Spektrometer (1) mit hoher Auflösung und schneller Abtastung der Meßwerte erreicht, zum anderen durch den Einsatz eines optoelektronischen Kreuzkorrelators (2) als eine rein elektronische Lösung. Das Gitter-Spektrometer (1) ist zweckmäßig eine spezielle Anordnung in einer gemischten Aufstellung nach Ebert und Fastie, in dem das Gitter vierfach vom zu vermessenden Licht in der Weise durchlaufen wird. Der optoelektronische Kreuzkorrelator (2) kann das Meßlicht mit einem in der Frequenz abstimmbaren Referenzlicht auf ein elektrisches Niederfrequenzsignal, welches hochohmig ausgewertet wird, mischen.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

| | | | | | | | |
|----|------------------------------|----|-----------------------------------|----|---|----|--------------------------------|
| AL | Albanien | ES | Spanien | LS | Lesotho | SI | Slowenien |
| AM | Armenien | FI | Finnland | LT | Litauen | SK | Slowakei |
| AT | Österreich | FR | Frankreich | LU | Luxemburg | SN | Senegal |
| AU | Australien | GA | Gabun | LV | Lettland | SZ | Swasiland |
| AZ | Aserbaidschan | GB | Vereinigtes Königreich | MC | Monaco | TD | Tschad |
| BA | Bosnien-Herzegowina | GE | Georgien | MD | Republik Moldau | TG | Togo |
| BB | Barbados | GH | Ghana | MG | Madagaskar | TJ | Tadschikistan |
| BE | Belgien | GN | Guinea | MK | Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien | TM | Turkmenistan |
| BF | Burkina Faso | GR | Griechenland | ML | Mali | TR | Türkei |
| BG | Bulgarien | HU | Ungarn | MN | Mongolei | TT | Trinidad und Tobago |
| BJ | Benin | IE | Irland | MR | Mauretanien | UA | Ukraine |
| BR | Brasilien | IL | Israel | MW | Malawi | UG | Uganda |
| BY | Belarus | IS | Island | MX | Mexiko | US | Vereinigte Staaten von Amerika |
| CA | Kanada | IT | Italien | NE | Niger | UZ | Usbekistan |
| CF | Zentralafrikanische Republik | JP | Japan | NL | Niederlande | VN | Vietnam |
| CG | Kongo | KE | Kenia | NO | Norwegen | YU | Jugoslawien |
| CH | Schweiz | KG | Kirgisistan | NZ | Neuseeland | ZW | Zimbabwe |
| CI | Côte d'Ivoire | KP | Demokratische Volksrepublik Korea | PL | Polen | | |
| CM | Kamerun | KR | Republik Korea | PT | Portugal | | |
| CN | China | KZ | Kasachstan | RO | Rumänien | | |
| CU | Kuba | LC | St. Lucia | RU | Russische Föderation | | |
| CZ | Tschechische Republik | LI | Liechtenstein | SD | Sudan | | |
| DE | Deutschland | LK | Sri Lanka | SE | Schweden | | |
| DK | Dänemark | LR | Liberia | SG | Singapur | | |
| EE | Estland | | | | | | |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte .onal Application No

PCT/EP 99/07340

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 G02B6/293 G01J3/18 H04B10/08 H04B10/145

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 7 G02B H04B G01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| X | EP 0 855 811 A (PLESSEY TELECOMM) 29 July 1998 (1998-07-29) page 2, line 1 - line 35; figure 1 page 4, line 5 -page 5, line 4 -/- | 1,10-17, 19 |

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the International filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

Date of mailing of the International search report

12 April 2000

20.04.2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentiaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Roldán Andrade, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Application No
PCT/EP 99/07340

C(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| X | US 5 396 361 A (SASAKI SHINYA ET AL) 7 March 1995 (1995-03-07) column 1, line 11 - line 19 column 2, line 55 -column 4, line 3; figure 1 column 5, line 16 - line 25 column 5, line 61 -column 6, line 50; figures 5,6 column 6, line 66 -column 9, line 37; figures 7-10 column 9, line 55 -column 10, line 50; figure 12 column 10, line 67 -column 13, line 2; figures 17-20 | 1,10-14, 16,17,19 |
| Y | BISCHOFF M ET AL: "OPERATION AND MAINTENANCE FOR AN ALL-OPTICAL TRANSPORT NETWORK" IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE, US, IEEE SERVICE CENTER. PISCATAWAY, N.J, vol. 34, no. 11, November 1996 (1996-11), page 136-142 XP000636137 ISSN: 0163-6804 | 1-3,19 |
| A | page 136, left-hand column, paragraph 1 page 140, left-hand column, paragraph 3 page 140, left-hand column, paragraph 5 -right-hand column, paragraph 3; figure 6 page 140, right-hand column, paragraph 6 -page 141, left-hand column, paragraph 1 | 7 |
| Y | US 5 532 818 A (TOKUMOTO ISAO) 2 July 1996 (1996-07-02) column 1, line 8 - line 11 column 5, line 4 -column 6, line 28; figures 3A,3B column 7, line 11 -column 8, line 32; figure 7 | 1-3,19 |
| P,X | AMRANI A ET AL: "Degradation surveillance module for optical transport networks" CONFERENCE PROCEEDINGS. LEOS'98. 11TH ANNUAL MEETING. IEEE LASERS AND ELECTRO-OPTICS SOCIETY 1998 ANNUAL MEETING (CAT. NO.98CH36243), CONFERENCE PROCEEDINGS. LEOS'98. 11TH ANNUAL MEETING. IEEE LASERS AND ELECTRO-OPTICS SOCIETY 1998 ANNUAL MEETING, OR, - 1 December 1998 (1998-12-01) pages 289-290 vol.1, XP002134591 1998, Piscataway, NJ, USA, IEEE, USA ISBN: 0-7803-4947-4 page 289, left-hand column, paragraph 1 -page 290, left-hand column, paragraph 8; figure 1 | 1,10-19 |
| | --- | |
| | -/- | |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No
PCT/EP 99/07340

| C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
|--|---|-----------------------|
| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| E | DE 198 16 612 A (BANDEMER ADALBERT ;KRAUSE EGBERT (DE)) 21 October 1999 (1999-10-21) column 1, line 38 -column 4, line 1; figure 1 | 1,4,7-9, 19 |
| A | US 5 420 416 A (IIDA MASANORI ET AL) 30 May 1995 (1995-05-30) column 1, line 8 - line 13 column 4, line 38 -column 5, line 37 column 6, line 15 -column 9, line 4; figures 1,2 column 17, line 30 -column 18, line 68; figures 12-14 | 1,5-9,19 |
| A | AMRANI A ET AL: "Optical monitoring system for scalable all-optical networks" CONFERENCE PROCEEDINGS. LEOS '97, 10TH ANNUAL MEETING. IEEE LASERS AND ELECTRO-OPTICS SOCIETY 1997 ANNUAL MEETING (CAT. NO.97CH36057), CONFERENCE PROCEEDINGS. LEOS '97. 10TH ANNUAL MEETING IEEE LASERS AND ELECTRO-OPTICS SOCIETY 1997 ANNUAL MEETING, S, - 10 November 1997 (1997-11-10) pages 270-271 vol.2, XP002134592 1996, New York, NY, USA, IEEE, USA ISBN: 0-7803-3895-2 page 270, paragraph 3 - paragraph 4; figure 1 page 271, paragraph 5 - paragraph 6 | 1,10-19 |
| A | BERGER M ET AL: "PAN-EUROPEAN OPTICAL NETWORKING USING WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING" IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE,US,IEEE SERVICE CENTER. PISCATAWAY, N.J, vol. 35, no. 4, 1 April 1997 (1997-04-01), pages 82-88, XP000693608 ISSN: 0163-6804 page 86, left-hand column, paragraph 2 -right-hand column, paragraph 7; figure 6 | 1,10-19 |
| | -/- | |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l. Appl. No.
PCT/EP 99/07340

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|----------|---|-----------------------|
| A | <p>ASAHI K ET AL: "Optical performance monitor built into EDFA repeaters for WDM networks"</p> <p>OFC '98. OPTICAL FIBER COMMUNICATION CONFERENCE AND EXHIBIT. TECHNICAL DIGEST. CONFERENCE EDITION. 1998 OSA TECHNICAL DIGEST SERIES VOL.2 (IEEE CAT. NO.98CH36177), OFC '98 OPTICAL FIBER COMMUNICATION CONFERENCE AND EXHIBIT. TECHNICAL DIGEST CONFERENCE, pages 318-319, XP002134593</p> <p>1998, Washington, DC, USA, Opt. Soc. America, USA ISBN: 1-55752-521-8</p> <p>page 318, left-hand column, paragraph 1</p> <p>-page 319, right-hand column, paragraph 2;</p> <p>figures 1,2</p> <p>_____</p> | 1,10-19 |
| A | <p>US 4 025 196 A (CHUPP VERNON L ET AL)</p> <p>24 May 1977 (1977-05-24)</p> <p>column 1, line 13 - line 35</p> <p>column 3, line 55 -column 4, line 34;</p> <p>figure 1</p> <p>column 6, line 33 - line 58; figure 3</p> <p>_____</p> | 2 |
| A | <p>EP 0 859 249 A (PHOTONETICS)</p> <p>19 August 1998 (1998-08-19)</p> <p>column 1, line 1 - line 17</p> <p>column 6, line 56 -column 7, line 36</p> <p>column 8, line 24 - line 26</p> <p>column 8, line 56 -column 9, line 30</p> <p>_____</p> | 4 |
| A | <p>US 5 812 262 A (RIDYARD ANDREW ET AL)</p> <p>22 September 1998 (1998-09-22)</p> <p>column 1, line 50 -column 2, line 4</p> <p>column 2, line 19 - line 21</p> <p>column 3, line 13 - line 28</p> <p>_____</p> | 4 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/EP99/07340**Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.: because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.: because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.: because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see supplemental sheet

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.

No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

| |
|--|
| International application No. PCT/EP 99/07340 |
|--|

The International Searching Authority has found that this international application contains several (groups of) inventions as follows:

1. Claims: 1 (alternative a)-9, 19 (alternative a)

Array and method for monitoring the performance of DWDM systems having a grating in the Littrow array with multiple ray passing

2. Claims: 1 (alternative b), 10-18, 19 (alternative b)

Array and method for monitoring the performance of DWDM systems with a purely electronic solution

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. Application No
PCT/EP 99/07340

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | | Publication date |
|--|------------------|---|--|--|
| EP 0855811 A | 29-07-1998 | AU 5276398 A CN 1190184 A GB 2321516 A, B JP 10221167 A NO 980338 A | | 30-07-1998 12-08-1998 29-07-1998 21-08-1998 28-07-1998 |
| US 5396361 A | 07-03-1995 | JP 2039131 A DE 68926195 D DE 68926195 T EP 0352747 A | | 08-02-1990 15-05-1996 28-11-1996 31-01-1990 |
| US 5532818 A | 02-07-1996 | JP 7234157 A | | 05-09-1995 |
| DE 19816612 A | 21-10-1999 | NONE | | |
| US 5420416 A | 30-05-1995 | JP 6214134 A | | 05-08-1994 |
| US 4025196 A | 24-05-1977 | US 3917403 A | | 04-11-1975 |
| EP 0859249 A | 19-08-1998 | JP 10300976 A | | 13-11-1998 |
| US 5812262 A | 22-09-1998 | AT 188290 T AU 685998 B AU 3227095 A CA 2197340 A DE 69514237 D EP 0775297 A WO 9605487 A JP 10504104 T NZ 291207 A ZA 9506700 A | | 15-01-2000 29-01-1998 07-03-1996 22-02-1996 03-02-2000 28-05-1997 22-02-1996 14-04-1998 28-07-1998 10-04-1996 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/07340

A. KLASSEIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 G02B6/293 G01J3/18 H04B10/08 H04B10/145

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G02B H04B G01J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|-----------|---|--------------------|
| X | EP 0 855 811 A (PLESSEY TELECOMM) 29. Juli 1998 (1998-07-29) Seite 2, Zeile 1 – Zeile 35; Abbildung 1 Seite 4, Zeile 5 –Seite 5, Zeile 4 — —/— | 1,10-17, 19 |

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldeatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem Internationalen Anmeldeatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem Internationalen Anmeldeatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzipi oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist
- "a" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

| | |
|---|--|
| Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche | Abschlußdatum des Internationalen Recherchenberichts |
| 12. April 2000 | 20.04.2000 |
| Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentanze 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 esp nl, Fax: (+31-70) 340-3016 | Bevollmächtigter Bediensteter Roldán Andrade, J |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inte onale Aktenzeichen

PCT/EP 99/07340

| C (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN | | |
|--|---|----------------------|
| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
| X | US 5 396 361 A (SASAKI SHINYA ET AL) 7. März 1995 (1995-03-07) Spalte 1, Zeile 11 - Zeile 19 Spalte 2, Zeile 55 - Spalte 4, Zeile 3; Abbildung 1 Spalte 5, Zeile 16 - Zeile 25 Spalte 5, Zeile 61 - Spalte 6, Zeile 50; Abbildungen 5,6 Spalte 6, Zeile 66 - Spalte 9, Zeile 37; Abbildungen 7-10 Spalte 9, Zeile 55 - Spalte 10, Zeile 50; Abbildung 12 Spalte 10, Zeile 67 - Spalte 13, Zeile 2; Abbildungen 17-20 | 1,10-14, 16,17,19 |
| Y | BISCHOFF M ET AL: "OPERATION AND MAINTENANCE FOR AN ALL-OPTICAL TRANSPORT NETWORK" IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE, US, IEEE SERVICE CENTER. PISCATAWAY, N.J, Bd. 34, Nr. 11, November 1996 (1996-11), Seite 136-142 XP000636137 ISSN: 0163-6804 | 1-3,19 |
| A | Seite 136, linke Spalte, Absatz 1 Seite 140, linke Spalte, Absatz 3 Seite 140, linke Spalte, Absatz 5 -rechte Spalte, Absatz 3; Abbildung 6 Seite 140, rechte Spalte, Absatz 6 -Seite 141, linke Spalte, Absatz 1 | 7 |
| Y | US 5 532 818 A (TOKUMOTO ISAO) 2. Juli 1996 (1996-07-02) Spalte 1, Zeile 8 - Zeile 11 Spalte 5, Zeile 4 - Spalte 6, Zeile 28; Abbildungen 3A,38 Spalte 7, Zeile 11 - Spalte 8, Zeile 32; Abbildung 7 | 1-3,19 |
| P,X | AMRANI A ET AL: "Degradation surveillance module for optical transport networks" CONFERENCE PROCEEDINGS. LEOS'98. 11TH ANNUAL MEETING. IEEE LASERS AND ELECTRO-OPTICS SOCIETY 1998 ANNUAL MEETING (CAT. NO.98CH36243), CONFERENCE PROCEEDINGS. LEOS'98. 11TH ANNUAL MEETING. IEEE LASERS AND ELECTRO-OPTICS SOCIETY 1998 ANNUAL MEETING, OR, - 1. Dezember 1998 (1998-12-01) Seiten 289-290 vol.1, XP002134591 1998, Piscataway, NJ, USA, IEEE, USA ISBN: 0-7803-4947-4 Seite 289, linke Spalte, Absatz 1 -Seite 290, linke Spalte, Absatz 8; Abbildung 1 | 1,10-19 |
| | -/- | |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/07340

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| E | DE 198 16 612 A (BANDEMER ADALBERT ;KRAUSE EGBERT (DE)) 21. Oktober 1999 (1999-10-21) Spalte 1, Zeile 38 -Spalte 4, Zeile 1; Abbildung 1 | 1,4,7-9, 19 |
| A | US 5 420 416 A (IIDA MASANORI ET AL) 30. Mai 1995 (1995-05-30) Spalte 1, Zeile 8 - Zeile 13 Spalte 4, Zeile 38 -Spalte 5, Zeile 37 Spalte 6, Zeile 15 -Spalte 9, Zeile 4; Abbildungen 1,2 Spalte 17, Zeile 30 -Spalte 18, Zeile 68; Abbildungen 12-14 | 1,5-9,19 |
| A | AMRANI A ET AL: "Optical monitoring system for scalable all-optical networks" CONFERENCE PROCEEDINGS. LEOS '97, 10TH ANNUAL MEETING. IEEE LASERS AND ELECTRO-OPTICS SOCIETY 1997 ANNUAL MEETING (CAT. NO.97CH36057), CONFERENCE PROCEEDINGS. LEOS '97. 10TH ANNUAL MEETING IEEE LASERS AND ELECTRO-OPTICS SOCIETY 1997 ANNUAL MEETING, S, - 10. November 1997 (1997-11-10) Seiten 270-271 vol.2, XP002134592 1996, New York, NY, USA, IEEE, USA ISBN: 0-7803-3895-2 Seite 270, Absatz 3 - Absatz 4; Abbildung 1 Seite 271, Absatz 5 - Absatz 6 | 1,10-19 |
| A | BERGER M ET AL: "PAN-EUROPEAN OPTICAL NETWORKING USING WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING" IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE,US,IEEE SERVICE CENTER. PISCATAWAY, N.J, Bd. 35, Nr. 4, 1. April 1997 (1997-04-01), Seiten 82-88, XP000693608 ISSN: 0163-6804 Seite 86, linke Spalte, Absatz 2 -rechte Spalte, Absatz 7; Abbildung 6 | 1,10-19 |
| | | -/- |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inte. ...onates Altenzeichen

PCT/EP 99/07340

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| A | ASAHI K ET AL: "Optical performance monitor built into EDFA repeaters for WDM networks" OFC '98. OPTICAL FIBER COMMUNICATION CONFERENCE AND EXHIBIT. TECHNICAL DIGEST. CONFERENCE EDITION. 1998 OSA TECHNICAL DIGEST SERIES VOL.2 (IEEE CAT. NO.98CH36177), OFC '98 OPTICAL FIBER COMMUNICATION CONFERENCE AND EXHIBIT. TECHNICAL DIGEST CONFERENCE, Seiten 318-319, XP002134593 1998, Washington, DC, USA, Opt. Soc. America, USA ISBN: 1-55752-521-8 Seite 318, linke Spalte, Absatz 1 -Seite 319, rechte Spalte, Absatz 2; Abbildungen 1,2 — | 1,10-19 |
| A | US 4 025 196 A (CHUPP VERNON L ET AL) 24. Mai 1977 (1977-05-24) Spalte 1, Zeile 13 - Zeile 35 Spalte 3, Zeile 55 -Spalte 4, Zeile 34; Abbildung 1 Spalte 6, Zeile 33 - Zeile 58; Abbildung 3 — | 2 |
| A | EP 0 859 249 A (PHOTONETICS) 19. August 1998 (1998-08-19) Spalte 1, Zeile 1 - Zeile 17 Spalte 6, Zeile 56 -Spalte 7, Zeile 36 Spalte 8, Zeile 24 - Zeile 26 Spalte 8, Zeile 56 -Spalte 9, Zeile 30 — | 4 |
| A | US 5 812 262 A (RIDYARD ANDREW ET AL) 22. September 1998 (1998-09-22) Spalte 1, Zeile 50 -Spalte 2, Zeile 4 Spalte 2, Zeile 19 - Zeile 21 Spalte 3, Zeile 13 - Zeile 28 — | 4 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 99/07340

Feld I Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein Recherchenbericht erstellt:

1. Ansprüche Nr. weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche die Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
2. Ansprüche Nr. weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, daß eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
3. Ansprüche Nr. weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefaßt sind.

Feld II Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
2. Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchengebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.
3. Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
4. Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Der internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfaßt:

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

Die zusätzlichen Gebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt.
 Die Zahlung zusätzlicher Recherchengebühren erfolgte ohne Widerspruch.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP 99/07340

| WEITERE ANGABEN | PCT/ISA/ 210 |
|-----------------|---|
| | <p>Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:</p> |
| | <p>1. Ansprüche: 1 (Alternative a)-9, 19 (Alternative a)</p> <p>ANORDNUNG UND VERFAHREN ZUR ÜBERWACHUNG DER PERFORMANCE VON DWDM SYSTEMEN MIT EINEM GITTER IN LITTRROW-ANORDNUNG MIT MEHRFACHEM STRAHLDURCHGANG</p> |
| | <p>2. Ansprüche: 1 (Alternative b) ,10-18, 19 (Alternative b)</p> <p>ANORDNUNG UND VERFAHREN ZUR ÜBERWACHUNG DER PERFORMANCE VON DWDM SYSTEMEN MIT EINER REIN ELEKTRONISCHEN LÖSUNG</p> |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

 Internationale Aktenzeichen
PCT/EP 99/07340

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | | Datum der Veröffentlichung |
|---|----------------------------|--------------------------------|--------------|----------------------------|
| EP 0855811 A | 29-07-1998 | AU | 5276398 A | 30-07-1998 |
| | | CN | 1190184 A | 12-08-1998 |
| | | GB | 2321516 A, B | 29-07-1998 |
| | | JP | 10221167 A | 21-08-1998 |
| | | NO | 980338 A | 28-07-1998 |
| US 5396361 A | 07-03-1995 | JP | 2039131 A | 08-02-1990 |
| | | DE | 68926195 D | 15-05-1996 |
| | | DE | 68926195 T | 28-11-1996 |
| | | EP | 0352747 A | 31-01-1990 |
| US 5532818 A | 02-07-1996 | JP | 7234157 A | 05-09-1995 |
| DE 19816612 A | 21-10-1999 | KEINE | | |
| US 5420416 A | 30-05-1995 | JP | 6214134 A | 05-08-1994 |
| US 4025196 A | 24-05-1977 | US | 3917403 A | 04-11-1975 |
| EP 0859249 A | 19-08-1998 | JP | 10300976 A | 13-11-1998 |
| US 5812262 A | 22-09-1998 | AT | 188290 T | 15-01-2000 |
| | | AU | 685998 B | 29-01-1998 |
| | | AU | 3227095 A | 07-03-1996 |
| | | CA | 2197340 A | 22-02-1996 |
| | | DE | 69514237 D | 03-02-2000 |
| | | EP | 0775297 A | 28-05-1997 |
| | | WO | 9605487 A | 22-02-1996 |
| | | JP | 10504104 T | 14-04-1998 |
| | | NZ | 291207 A | 28-07-1998 |
| | | ZA | 9506700 A | 10-04-1996 |